

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004年8月12日 (12.08.2004)

PCT

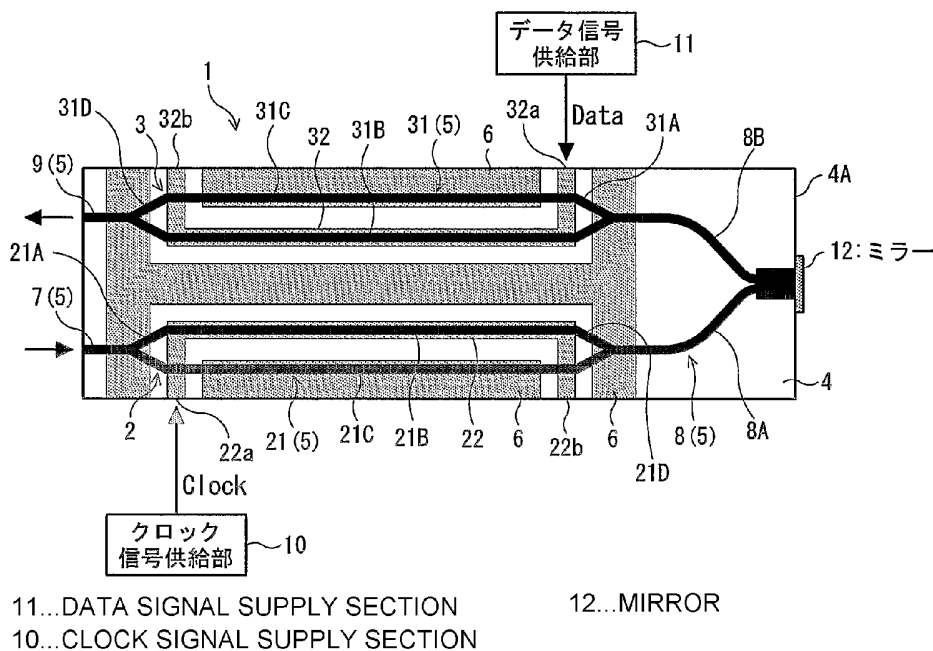
(10) 国際公開番号
WO 2004/068221 A1

- (51) 国際特許分類: G02F 1/035, H04B 10/04
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/000895
- (22) 国際出願日: 2003年1月30日 (30.01.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 杉山昌樹 (SUGIYAMA, Masaki) [JP/JP]; 〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 真田有 (SANADA, Tamotsu); 〒180-0004 東京都武蔵野市吉祥寺本町1丁目10番31号 吉祥寺広瀬ビル5階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): JP, US.
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL MODULATOR

(54) 発明の名称: 光変調器



(57) Abstract: An optical modulator (e.g., an RZ optical modulator) composed of Mach-Zehnder optical modulators (2, 3). Each of the Mach-Zehnder optical modulators (2, 3) has a substrate (4) producing an electro-optic effect, an optical waveguide (5) disposed on the substrate, and electrodes (6, 22, 32) arranged near the optical waveguide, thereby realizing a compact optical modulator and low drive voltage. The Mach-Zehnder optical modulators are arrayed on a substrate and interconnected in multistage.

(57) 要約: 複数のマッハツェンダ型光変調器からなる光変調器 (例えばRZ光変調器) において、コンパクト化を図りながら、低駆動電圧を実現できるようにすべく、光変調器を、電気光学効果を有する基板 (4) と、基板上に形成される光導波路 (5) と、光導波路の近傍に形成される電極 (6), (22), (32) とを含む複数のマッハツェンダ型

[続葉有]

WO 2004/068221 A1



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

光変調器(2)、(3)を備えるものとし、複数のマツハツェンダ型光変調器が、基板上に並列に配置され、多段接続されるように構成する。

明 細 書

光変調器

5 技術分野

本発明は、光通信に用いられる光変調器に関する。

背景技術

近年、超高速・広帯域の光通信ネットワークシステムを実現するために、外部
10 変調方式の光変調器（外部変調器）に対する期待が高まっている。

特に、光信号の長距離伝送を可能とするために、広帯域での高速変調特性及び耐分散特性に優れている、 LiNbO_3 （ニオブ酸リチウム、リチウムナイオベート；LN）を用いたマッハツェンダ型光変調器の開発が進められている。

最近では、図10に示すように、RZ(Return to Zero)信号を生成できる光変調
15 器として、2つのマッハツェンダ型光変調器101、102をタンデムに接続したRZ光変調器100が提案されている。このRZ光変調器100では、一方のマッハツェンダ型光変調器101にクロックの電気信号（クロック信号）を入力し、他方のマッハツェンダ型光変調器102にNRZ（Non Return to Zero）データの電気信号（データ信号）を入力することで、RZ変調された光信号を得る
20 ことができる。

しかしながら、このようなRZ光変調器100では、2つのマッハツェンダ型光変調器101、102を基板上に（基板の長手方向に沿って）直列に並べるため、例えば1つのマッハツェンダ型光変調器にNRZデータ信号を入力することでNRZ信号を生成するNRZ光変調器に比べ、チップの長さが略2倍になって
25 しまう。

このため、RZ光変調器100において、チップ長さをできるだけ短くし、コンパクトなものを実現したい。なお、チップ長さを短くしてコンパクトな光変調器を実現するための技術として、例えば特開平5-232417号公報、特開平11-237517号公報などに開示されたものがある。

一方、コンパクトなR Z光変調器を実現すべく、例えば単純にチップ長さを短くすることが考えられるが、これでは作用長（光導波路を伝播する光に対して電気信号（クロック信号、データ信号）を作用させる部分の長さ；信号電極の長さに相当する）がチップサイズで制限されて短くなってしまいうため、低駆動電圧を

5 実現するのが難しくなる。つまり、マッハツェンダ型光変調器では、一般に作用長を長くすれば駆動電圧を低くすることができるが、コンパクトなR Z光変調器を実現すべく、単純にチップ長さを短くすると作用長が短くなってしまいうため、コンパクト化を図れたとしても低駆動電圧を実現するのは難しくなる。

10 発明の開示

本発明は、以上のような課題に鑑み創案されたもので、複数のマッハツェンダ型光変調器からなる光変調器（例えばR Z光変調器）において、コンパクト化を図りながら、低駆動電圧を実現できるようにした、光変調器を提供することを目的とする。

15 このような目的を達成するために、本発明の光変調器は、電気光学効果を有する基板と、基板上に形成される光導波路と、光導波路の近傍に形成される電極とを含む複数のマッハツェンダ型光変調器を備え、複数のマッハツェンダ型光変調器が、基板上に並列に配置され、多段接続されることを特徴としている。

好ましくは、基板の端面にミラーを備えるものとし、複数のマッハツェンダ型

20 光変調器が、ミラーを介して多段接続されるように構成する。

また、基板の端面に設けられるミラーと、複数のマッハツェンダ型光変調器とミラーとを接続するマルチモード光導波路とを備え、複数のマッハツェンダ型光変調器が、マルチモード光導波路及びミラーを介して多段接続されるように構成するのが好ましい。

25 さらに、複数のマッハツェンダ型光変調器として、2つのマッハツェンダ型光変調器を備えるものとし、ミラーが、2つのマッハツェンダ型光変調器の中間に位置する中心線からずれた位置に備えられるように構成するのが好ましい。

また、ミラーが、基板の端面に形成される反射コートによって構成されるのが好ましい。

さらに、反射コートは金属膜、誘電体多層膜とするのが好ましい。

また、反射コートは、基板の端面の光導波路が接続される部分のみに形成するのが好ましい。

さらに、複数のマッハツェンダ型光変調器はファイバを介して多段接続される
5 ように構成するのが好ましい。

また、複数のマッハツェンダ型光変調器が曲がり導波路を介して多段接続されるように構成するのが好ましい。

さらに、複数のマッハツェンダ型光変調器の作用長は40mm以上であることが好ましい。

10 また、複数のマッハツェンダ型光変調器の信号電極と接地電極との間隔が50μm以上であることが好ましい。

さらに、複数のマッハツェンダ型光変調器の電気信号入力用パッドが、全てチップの片側に配置されるように構成するのが好ましい。

また、複数のマッハツェンダ型光変調器が、バイアス制御用電極を有するよう
15 に構成するのが好ましい。

さらに、複数のマッハツェンダ型光変調器として、2つのマッハツェンダ型光変調器を備えるものとし、2つのマッハツェンダ型光変調器のうち、一方をクロック変調器とし、他方をデータ変調器として構成するのが好ましい。

また、クロック変調器を、ビットレートの1/2の周波数で、かつ、半波長電
20 圧の2倍の電圧で駆動するように構成するのが好ましい。

さらに、複数のマッハツェンダ型光変調器を、少なくとも1つのデュアルドライブ変調器を含むように構成するのが好ましい。

また、デュアルドライブ変調器を、信号電極の入力部に遅延部を有するものとして構成するのが好ましい。

25 さらに、複数のマッハツェンダ型光変調器を、相互に作用長が異なるものとして構成するのが好ましい。

また、複数のマッハツェンダ型光変調器を、相互に信号電極と接地電極との間隔が異なるものとして構成するのが好ましい。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の一実施形態にかかるRZ光変調器の全体構成を示す模式図である。

5 図2(a), (b)は、本発明の一実施形態にかかるRZ光変調器のミラー部分を示す模式図である。

図3は、本発明の一実施形態にかかるRZ光変調器の変形例を示す模式図である。

図4は、本発明の一実施形態にかかるRZ光変調器の他の変形例を示す模式図である。

10 図5は、本発明の一実施形態にかかるRZ光変調器の他の変形例を示す模式図である。

図6は、本発明の一実施形態にかかるRZ光変調器の他の変形例を示す模式図である。

15 図7(a)～(f)は、本発明の一実施形態にかかるRZ光変調器による光変調動作を説明するための図である。

図8(a), (b)は、本発明の一実施形態にかかるRZ光変調器による光変調動作を説明するための図である。

図9は、本発明の一実施形態にかかるRZ光変調器による光変調動作を説明するための図である。

20 図10は、従来のRZ光変調器の全体構成を示す模式図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施形態にかかる光変調器について、図1～図6を参照しながら説明する。

25 本実施形態では、RZ光変調器[入力光に対してクロック信号とデータ信号を与えてRZ(Return to Zero)信号を生成する光変調器(クロック変調型光変調器)]について、図1～図6を参照しながら説明する。なお、RZ光変調器は、例えば長距離光伝送システムにおける光送信器として用いられる。

本実施形態では、図1に示すように、RZ光変調器1は、ニオブ酸リチウム(リ

チウムナイオベート、 LiNbO_3 ; LN) を用いた 2 段のマッハツェンダ型光変調器 (MZ 型 LN 光変調器) 2, 3 を備えるものとして構成される。

つまり、RZ 光変調器 1 は、図 1 に示すように、ニオブ酸リチウム結晶を結晶方位の Z 軸方向にカット (Z 軸カット) して切り出されたニオブ酸リチウム結晶
5 基板 (LN 基板) 4 上に、マッハツェンダ型の第 1 光導波路 (以下、第 1 光導波路という) 2 1, マッハツェンダ型の第 2 光導波路 (以下、第 2 光導波路という) 3 1 を含む光導波路 5 を形成し、さらに、第 1 光導波路 2 1, 第 2 光導波路 3 1 の近傍にそれぞれ第 1 電極 (信号電極) 2 2, 第 2 電極 (信号電極) 3 2 を形成するとともに、第 1 電極 2 2 及び第 2 電極 3 2 に共用の接地電極 6 を形成して、
10 1 チップ内に集積化した構造になっている。

なお、RZ 光変調器 1 の前段側に設けられる第 1 光導波路 2 1, 第 1 電極 2 2 を備えるものとして、マッハツェンダ型の第 1 光変調器 2 (クロック信号に変調するため、クロック変調器ともいう) が構成され、RZ 光変調器 1 の後段側に設けられる第 2 光導波路 3 1, 第 2 電極 3 2 を備えるものとして、マッハツェンダ
15 型の第 2 光変調器 [NRZ (Non Return to Zero) 信号に変調するため、NRZ 変調器, データ変調器ともいう] 3 が構成される。

また、ここでは、基板としてニオブ酸リチウム結晶を用いているが、基板は電気光学効果を有するものであれば良く、例えばタンタル酸リチウム (LiTaO_2 ; LT) 結晶等の他の強誘電体結晶を用いることもできる。

20 ここで、 LiNbO_3 結晶や LiTaO_2 結晶などの電気光学効果を有する基板を用いた RZ 光変調器 1 は、例えば LiNbO_3 結晶や LiTaO_2 結晶等からなる基板上の一部に金属膜を形成し、熱拡散させて光導波路を形成するか、又は、金属膜をパターニングした後に、安息香酸中でプロトン交換するなどして光導波路を形成した後、光導波路の近傍に電極を設けることで形成される。

25 具体的には、例えば、 LiNbO_3 結晶を基板に用いる場合、基板上にチタン膜 (Ti 膜) を所望の光導波路形状に合わせてパターニングし、このようにパターニングした状態で、 1050°C で 7 ~ 10 時間加熱して熱拡散させることによって、光導波路を形成する。

光導波路 5 は、図 1 に示すように、入力側光導波路 7 と、マッハツェンダ型の

第1光導波路21と、中間光導波路8と、マッハツェンダ型の第2光導波路31と、出力側光導波路9とを備えるものとして構成される。

このうち、マッハツェンダ型の第1光導波路21は、図1に示すように、入力側光導波路7に接続される光入射側のY分岐光導波路21Aと、2つの平行な直線状光導波路（平行導波路）21B、21Cと、中間光導波路8に接続される光出射側のY分岐光導波路21Dとを備えるものとして構成される。

一方、マッハツェンダ型の第2光導波路31は、図1に示すように、中間光導波路8に接続される光入射側のY分岐光導波路31Aと、2つの平行な直線状光導波路（平行導波路）31B、31Cと、出射側光導波路9に接続される光出射側のY分岐光導波路31Dとを備えるものとして構成される。

なお、第1光導波路21及び第2光導波路31の配置や中間光導波路の構成は、本発明の特徴であるため、後で詳細に説明する。

第1電極22は、図1に示すように、一部が第1光導波路21を構成する一方の直線状光導波路21Bと重なるように設けられる。また、第2電極32は、図1に示すように、一部が第2光導波路31を構成する一方の直線状光導波路31Bと重なるように設けられる。なお、符号22a、22b、32a、32bは、それぞれ第1電極22及び第2電極32のコネクタ接点としての接続パッドである。このうち、クロック信号やデータ信号を入力するための接続パッド22a、32aを特に入力パッド（電気信号入力用パッド、RF入力パッド）という。

また、接地電極6は、図1に示すように、信号電極としての第1電極22及び第2電極32を所定の間隔で挟み込むように、第1電極22及び第2電極32の両側に近接して設けることでコプレーナ型の電極（コプレーナ電極）として構成している。

なお、クロック変調器2の第1電極22と接地電極6との間隔は、データ変調器3の信号電極32と接地電極6との間隔と同じにしても良いし、異なるものとしても良い。例えば、2つのマッハツェンダ変調器で、信号電極と接地電極との間隔が異なるようにしても良い。

さらに、第1電極22には、図1に示すように、例えば20GHzの周波数の正弦波電気信号（マイクロ波信号、高周波信号）をクロック信号として供給する

クロック信号供給部（信号供給部）10が接続されている。なお、クロック信号供給部10は、クロック信号を用いてクロック変調器2を駆動するものであるため、クロック信号駆動部（例えば駆動回路）ともいう。

ここでは、電気クロック信号を、光クロック信号[40GHz;例えば図7(d)参照]のビットレート（光RZ信号）の1/2の周波数（20GHz）としているため、電気クロック信号を用いて第1電極22に印加されるクロック信号電圧（駆動電圧）を半波長電圧 V_{π} の2倍の電圧 $2V_{\pi}$ （例えば $-V_{\pi} \sim +V_{\pi}$ ）としている[例えば図7(a)参照]。つまり、クロック変調器2は、20GHzの電気クロック信号を用いて、第1電極22に半波長電圧 V_{π} の2倍の電圧 $2V_{\pi}$ が駆動電圧として印加されると、図9に示す変調曲線に基づいて、40GHzの光クロック信号を出力するようになっている。

なお、電気クロック信号を、光クロック信号[40GHz;例えば図8(b)参照]のビットレート（光RZ信号）と同じ周波数（40GHz）とする場合には、クロック信号電圧（駆動電圧）は、半波長電圧 V_{π} とすれば良い[例えば図8(a)参照]。この場合、クロック変調器2は、40GHzの電気クロック信号を用いて、第1電極22に V_{π} が印加されると、図9に示す変調曲線に基づいて、40GHzの光クロック信号が出力されるように構成すれば良い。

そして、第1電極22にクロック信号供給部10からクロック信号を供給し、直線状光導波路21B, 21Cにクロック信号に応じた電圧（クロック信号電圧、信号電圧）を印加することで、直線状光導波路21B, 21Cに電界を生じさせて、直線状光導波路21B, 21Cの屈折率を $+\Delta n$, $-\Delta n$ のように変化させる。これにより、直線状光導波路21B, 21Cのそれぞれを伝播する光に位相差を生じさせ、これらの位相差の生じた光を合波干渉させることで、中間光導波路8を介して、第2光導波路31へ向けて、例えば40GHzの光クロック信号[即ち、「1」, 「1」, 「1」, ...のデータ配列の40Gb/sのRZデータ信号（光RZ信号）に変調された変調信号;例えば図7(d)参照]が出力されるようにしている。

なお、第1光変調器2を高速で駆動するには、信号電極としての第1電極22の終端と接地電極6の終端とを抵抗（終端器）で接続して進行波電極とすれば良

い。特に、第1電極22の断面形状を変えることで直線状光導波路21B, 21Cの実効屈折率を制御し、直線状光導波路21B, 21Cを伝播する光と、第1電極22に供給されるマイクロ波の速度とを整合させることで、広帯域の光応答特性を得ることができるようになる。

5 一方、第2電極32には、図1に示すように、第1光変調器2からの例えば40GHzの光クロック信号に同期したタイミングで、例えば40Gb/sのNRZデータ信号〔電気信号；例えば図7(e)参照〕を供給するNRZデータ信号供給部(信号供給部)11が接続されている。なお、NRZデータ信号供給部11は、データ信号を用いてデータ変調器3を駆動するものであるため、データ信号駆動部(例えば駆動回路)ともいう。

10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000

そして、第2電極32にNRZデータ信号供給部11からNRZデータ信号を供給して、直線状光導波路31B, 31CにNRZデータ信号に応じた電圧(NRZデータ信号電圧, 信号電圧)を印加することで、直線状光導波路31B, 31Cに電界を生じさせて、直線状光導波路31B, 31Cの屈折率を $+\Delta m$, $-\Delta m$ のように変化させる。これにより、直線状光導波路31B, 31Cのそれぞれを伝播する光に位相差を生じさせ、これらの位相差の生じた光を合波干渉させることで、出力側光導波路9を介して、強度変調された信号光として例えば40Gb/sの光RZデータ信号〔変調信号；例えば図7(f)参照〕が出力されるようにしている。

20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000

なお、第2光変調器3を高速で駆動するには、信号電極としての第2電極32の終端と接地電極6の終端とを抵抗(終端器)で接続して進行波電極とすれば良い。特に、第2電極32の断面形状を変えることで直線状光導波路31B, 31Cの実効屈折率を制御し、直線状光導波路31B, 31Cを伝播する光と、第2電極32に供給されるマイクロ波の速度とを整合させることで、広帯域の光応答特性を得ることができるようになる。

本実施形態では、図1に示すように、Z軸カットのニオブ酸リチウム結晶基板4を用いており、Z軸方向の電界による屈折率変化を利用するため、第1電極22及び接地電極6は、第1光導波路21の直線状導波路21B, 21Cの真上に形成され、第2電極32及び接地電極6は第2光導波路31の直線状導波路31

B, 31Cの真上に形成される。

このように、本実施形態では、第1電極22, 第2電極32, 接地電極6を直線状導波路21B, 21C, 31B, 31Cの真上にパターンニングするため、直線状光導波路21B, 21C, 31B, 31C中を伝搬する光が各電極22, 32, 6によって吸収されてしまうおそれがある。これを防ぐために、本実施形態では、LN基板4と各電極22, 32, 6との間にバッファ層(誘電体層)を形成している。このバッファ層は例えばSiO₂膜として形成すれば良く、その厚さは、0.2~1μm程度とすれば良い。

このため、本RZ光変調器1は、第1, 第2電極22, 32及び接地電極6と基板22との間に、基板22の厚さと比べて厚さの薄いバッファ層を積層したもののとして構成される。

本実施形態では、RZ光変調器1は、上述のように構成されるため、図示しない光源(半導体レーザ)からの入力光が、入力側光導波路7を介して第1光導波路21(第1光変調器2)に導入され、この第1光導波路21を伝播する際に所望のクロック信号(電気信号)に基づいて変調された後、第1光導波路21の出力側に連結されている中間光導波路8を介して第2光導波路31(第2光変調器3)へ導かれ、さらに第2光導波路31でNRZデータ信号(電気信号)に基づいて変調され、第2光導波路31の出力側に連結されている出力側光導波路9を介して、変調された出力光(信号光, 光NR信号)が出力されることになる。

なお、本実施形態では、第1光変調器2及び第2光変調器3は、電極として信号電極22, 32, 接地電極6を備えるものとして構成しているが、さらに、バイアス電圧を供給できるようにすべく、第1光導波路21及び/又は第2光導波路31にバイアス電極(バイアス制御用電極)を備えるものとして構成しても良い。この場合、バイアス電極にはバイアス制御部(例えばバイアス制御回路)を接続し、バイアス電極にバイアス制御部を通じてバイアス電圧(DC電圧)を供給することで、第1光導波路21及び/又は第2光導波路31に対してバイアス電圧(DC電圧)が印加されるようにすれば良い。また、バイアス制御部によって、モニタ光の強度に基づいてバイアス電圧を制御するフィードバック制御を行なうことで、第1光変調器2及び/又は第2光変調器3の動作点電圧の変動を補

償するようにしても良い。

ところで、上述のように構成されるR Z光変調器では、光導波路を伝播する光に対して電気信号（クロック信号，データ信号）を作用させる部分の長さ（作用長）を長くするほど駆動電圧を低く抑えることができるため、チップの長さをできるだけ短くしてコンパクト化を図りながら、できるだけ作用長が長くなるようにして低駆動電圧を実現できるようにしたい。

ここで、作用長としては、第1電極22と直線状光導波路21Bとが重なり合う部分の長さ、接地電極6と直線状光導波路21Cとが重なり合う部分の長さ、第2電極32と直線状光導波路31Bとが重なり合う部分の長さ、接地電極6と直線状光導波路31Cとが重なり合う部分の長さなどがある。

このため、本実施形態では、図1に示すように、上述のように構成される複数（ここでは2つ）のマッハツェンダ型光変調器2，3が、基板4上に並列に配置され、多段接続（光の伝播方向に直列に接続）されるようにしている。

具体的には、図1に示すように、第1光導波路21及び第2光導波路31を基板4の長手方向に沿って並列に配置されるように形成し、基板4の端面4Aにミラー（反射部）12を設け、中間光導波路8を入射側部分8Aと出射側部分8Bとに分割し、これらの入射側部分8Aと出射側部分8Bとがミラー12を介して接続されるようにすることで、2つのマッハツェンダ型光変調器2，3が多段接続されるようにしている。

例えば図2（a）に示すように、中間光導波路8をシングルモードの光導波路（シングルモード光導波路，曲がり導波路）として構成し（この場合、第1光導波路21及び第2光導波路31もシングルモード光導波路として構成する）、中間光導波路8の入射側部分8A及び出射側部分8Bが、いずれも基板端面4Aに所定角度で接続されるようにすれば良い。この場合、第1光変調器2から中間光導波路8の入射側部分8Aを介して伝播してきた光は基板端面4Aに所定角度で斜めに入射し、ミラーとして機能する基板端面4Aで反射して、中間光導波路8の出射側部分8Bを介して第2光変調器3へ伝播していくことになる。

また、図2（b）に示すように、中間光導波路8をシングルモードの光導波路（シングルモード光導波路，曲がり導波路）として構成し（この場合、第1光導

波路 2 1 及び第 2 光導波路 3 1 もシングルモード光導波路として構成する)、モード間干渉を利用すべく、中間光導波路 8 とミラー 1 2 とが多モード光導波路 (マルチモード光導波路) 1 3 を介して接続されるようにしても良い。この場合、第 1 光変調器 2 と第 2 光変調器 3 とはマルチモード光導波路 1 3 及びミラー 1 2 を介して接続され、第 1 光変調器 2 を構成する第 1 光導波路 2 1 中を伝播してきた光は、マルチモード光導波路 1 3 を介して基板端面 4 A に垂直又は略垂直に入射し、ミラーとして機能する基板端面 4 A で反射して、マルチモード光導波路 1 3 を介して第 2 光変調器 3 を構成する第 2 光導波路 3 1 へ伝播していくことになる。

なお、ここでは、中間光導波路 8 の入射側部分及び出射側部分をいずれも曲がり導波路として構成しているが、これに限られるものではない。中間光導波路 8 入射側部分及び出射側部分のいずれか一方を曲がり導波路とし、他方を直線状光導波路として構成しても良い。また、第 1 光導波路 2 1 及び第 2 光導波路 3 1 を基板端面 4 A に対して斜めに配置し、中間光導波路 8 の入射側部分及び出射側部分の双方を直線状光導波路として構成しても良い。

ここで、基板端面 4 A (特に中間光導波路 8 が接続される部分) をミラーとして機能させる場合、基板端面 4 A (特に中間光導波路 8 が接続される部分) 自体が基板端面 4 A に設けられるミラー 1 2 となる。

好ましくは、基板端面 4 A に設けられるミラー 1 2 は、基板端面 4 A を例えば金属膜、誘電体多層膜等で覆うことで形成される反射コートとして構成する。

特に、基板端面 4 A の中間光導波路 8 を接続する部分のみに反射コートを形成することで、この部分のみにミラー 1 2 を設けるのが好ましい。この場合、基板端面 4 A の全面に反射コートを形成した後、基板端面 4 A の中間光導波路 8 を接続する部分のみに反射コートを残し、他の部分の反射コートを除去すれば良い。このように、基板端面 4 A の中間光導波路 8 を接続する部分のみに反射コートを形成することで、光導波路 5 (例えば第 1 光導波路 2 1 の Y 分岐光導波路 2 1 D の部分) から放射された放射光が基板端面 4 A で反射し、信号光に影響を与えてしまうのを防止することができる。また、基板端面 4 A の中間光導波路 8 を接続する部分のみに反射コートを形成するようにすれば、バイアス調整を行なうために、モニタ光を検出するためのフォトディテクタを基板端面 4 A に設ける場合な

どもに対応できる。

なお、ここでは、基板端面4Aに設けられるミラー12によって反射させることで、2つのマッハツェンダ型光変調器2,3を多段接続しているが、これに限られるものではない。

- 5 例えば、図3に示すように、中間光導波路を設けずに、基板4上に第1光導波路21及び第2光導波路31が基板4上に（基板4の長手方向に沿って）並列に配置されるように形成し、第1光変調器2の出力側に設けられるY分岐光導波路21Dと第2光変調器3の入力側に設けられるY分岐光導波路31Aとを接続し
10 うるように、基板端面4Aにファイバ（例えば定偏波ファイバ）14を取り付けることで、2つのマッハツェンダ型光変調器2,3を多段接続するようにしても良い。

- また、図4に示すように、基板4上に第1光導波路21及び第2光導波路31が基板4上に（基板4の長手方向に沿って）並列に配置されるように形成し、中間光導波路8を、基板端面4Aに接することなく、第1光変調器2の出力側に設
15 けられるY分岐光導波路21Dと第2光変調器3の入力側に設けられるY分岐光導波路31Aとを接続する曲がり導波路8'として構成することで、2つのマッハツェンダ型光変調器2,3を多段接続するようにしても良い。

- ところで、上述のようにしてチップ長さを短くして、チップサイズをコンパクトにする場合、変調帯域を確保するために、信号電極22,32と接地電極6との間の間隔はできるだけ広くすることが重要になる。
20

 本実施形態のように、例えば40Gb/s変調器に適用する場合には、信号電極22,32と接地電極6との間隔は約50μm以上とするのが好ましい。この結果、マイクロ波の損失も低減することができる。なお、信号電極22,32及び接地電極6をRF電極ともいう。

- 25 このように信号電極22,32と接地電極6との間隔を約50μm以上とすれば、マイクロ波の損失を低減することができるため、作用長は40mm以上（好ましくは50mm以上）に伸ばすことができる。この場合、駆動電圧は3V以下（所定電圧以下）の低駆動電圧を実現できることになる。これにより、チップサイズをコンパクトにしなが（チップの長さを短くしながら）、作用長を所定長さ

以上まで長くすることができ、低駆動電圧を実現できることになる。

したがって、本実施形態にかかるR Z光変調器によれば、複数（ここでは2つ）のマッハツェンダ型光変調器からなるR Z光変調器1において、コンパクト化を図りながら、低駆動電圧を実現できるようになるという利点がある。

- 5 なお、上述の実施形態では、図1に示すように、2つの入力パッド（クロック信号を入力するための入力パッド2 2 a及びデータ信号を入力するための入力パッド3 2 a）をそれぞれチップの反対側（両側）に配置しているが、例えば図5に示すように、信号電極2 2, 3 2及び接地電極6を形成することで、2つの入力パッド2 2 a, 3 2 aの双方をチップの片側に配置するようにしても良い。これにより、2つの入力パッド2 2 a, 3 2 aに接続するコネクタをいずれも光変調器1の片側に配置できるようになり、実装時の光変調器モジュールの占有面積を小さくすることができるようになる。

- 15 また、上述の実施形態では、R Z光変調器1を構成する2つのマッハツェンダ型光変調器2, 3は、いずれも1つの信号電極（シングル電極）を有するものとし、いずれもシングル駆動型の光変調器（シングルドライブ変調器）として構成しているが、これに限られるものではない。

- 20 例えば、駆動電圧を低減すべく、2つのマッハツェンダ型光変調器2, 3をいずれも2つの信号電極（デュアル電極）を有するものとし、いずれもデュアル駆動型の光変調器（デュアルドライブ変調器）として構成しても良いし、2つのマッハツェンダ型光変調器2, 3のいずれか一方を2つの信号電極（デュアル電極）を有するものとし、デュアル駆動型の光変調器（デュアルドライブ変調器）として構成しても良い。

- 25 また、上述の実施形態では、前段側にクロック変調器2を設け、後段側にデータ変調器3を設けているが、これに限られるものではなく、例えば前段側にデータ変調器3を設け、後段側にクロック変調器2を設けても良い。また、上述の実施形態では、2つのマッハツェンダ型光変調器を設けているが、光変調器の数はこれに限られるものではなく、複数の光変調器を多段接続するものであっても良い。

例えば、図6は、デュアルドライブ変調器とシングルドライブ変調器とを組み

合わせたR Z光変調器の一例を示している。

ここでは、図6に示すように、前段側にデータ変調器30を設け、後段側にクロック変調器20を設け、データ変調器30をシングルドライブ変調器とし、クロック変調器20をデュアルドライブ変調器として、R Z光変調器100を構成している。なお、以下に記載した構成以外の構成は、上述の実施形態のものと同様である。

このように、一のマッハツェンダ型光変調器をデュアルドライブ変調器とし、他のマッハツェンダ型光変調器をシングルドライブ変調器とする場合、マイクロ波の干渉を防ぐために、2つのマッハツェンダ型光変調器20、30の間隔（少なくとも相互作用部間の間隔）は約100 μ m～約2mm程度になるようにするのが好ましい。なお、上述の実施形態のように、双方ともシングルドライブ変調器とする場合も、2つのマッハツェンダ型光変調器の間隔は100 μ m～2mm程度にするのが好ましい。

具体的には、デュアルドライブ変調器としてのクロック変調器（第2変調器）20に備えられる2つの信号電極21A、21Bは、図6に示すように、いずれも、クロック信号が入力される側の部分（入力部、電気信号入力部）21Aa、21Baと、光導波路（具体的にはマッハツェンダ型光導波路の直線状光導波路）50と重なり合う部分（作用部、相互作用部；この部分の長さを作用長という）21Ab、21Bbと、クロック信号が出力される側の部分（出力部、電気信号出力部）21Ac、21Bcとを備える。

特に、デュアルドライブ変調器20に設けられる2つの信号電極21A、21Bのそれぞれに供給される信号（クロック信号）の位相を合わせるため、一方の信号電極21Bの入力部21Baには曲がり部21Baaが設けられている。この曲がり部21Baaは、信号を遅延させるために設けられる部分であるため、遅延部（遅延線）ともいう。

また、データ変調器の信号電極と接地電極との間隔は、上述のクロック変調器の信号電極と接地電極との間隔と同じにしても良いし、異なるものとしても良い。例えば、2つのマッハツェンダ変調器で、信号電極と接地電極との間隔が異なるようにしても良い。

さらに、クロック変調器 20 には、これらの信号電極 21 A, 21 B や接地電極 60 からなる RF 電極のほかにバイアス電極 (バイアス制御用電極) 22 が設けられており、バイアス制御部 105 を介してバイアス調整を行なえるようになっている。

- 5 一方、シングルドライブ変調器としてのデータ変調器 (第 2 変調器) 30 も、同様に、信号電極 31 は、入力部 31 a と、相互作用部 31 b と、出力部 31 c とを備えるものとして構成される。また、信号電極 31 にはデータ信号供給部 111 が接続されている。さらに、信号電極 31, 接地電極 60 からなる RF 電極のほかにバイアス電極 (バイアス制御用電極) 32 が設けられており、バイアス
- 10 制御部 106 を介してバイアス調整を行なえるようになっている。

なお、ここでは、クロック変調器 20 及びデータ変調器 30 は、いずれもバイアス電極を有するものとして構成しているが、これに限られるものではなく、バイアス電極を有しないものとして構成しても良い。

- ここで、クロック変調器 20 及びデータ変調器 30 では、相互作用部間の間隔
- 15 (電極間ギャップ) は、同じにしても良いし、異なるものとしても良い。これは、上述の実施形態のように RZ 光変調器を構成する場合も同様である。

- また、クロック変調器 20 及びデータ変調器 30 のそれぞれの相互作用部 21 A b, 21 B b, 31 b の長さ (作用長) は、同じにしても良いし、異なるものとしても良い。例えば、クロック変調器 20 に設けられる 2 つの信号電極 21 A,
- 20 21 B の相互作用部 21 A b, 21 B b の長さ (作用長) は同じにし、データ変調器 30 に設けられる信号電極 31 の相互作用部 31 b の長さ (作用長) は異なるものとしても良い。つまり、2 つのマッハツェンダ型光変調器 20、30 間で作用長が異なるように構成しても良い。また、例えば 3 つの信号電極 21 A, 21 B, 31 の相互作用部 21 A b, 21 B b, 31 b の長さ (作用長) をそれぞれ
- 25 異なるものとしても良い。これは、上述の実施形態のように RZ 光変調器を構成する場合も同様である。

また、これらの信号電極 21 A, 21 B, 31 を駆動する駆動電圧やこれらの信号電極 21 A, 21 B, 31 に供給する電気信号の帯域は用途に応じて任意に設定すれば良い。これは、上述の実施形態のように RZ 光変調器を構成する場合

も同様である。

特に、クロック変調器20が、光クロック信号 [図7 (d) 参照] のビットレート (光RZ信号) の半分 ($1/2$) の周波数で、かつ、半波長電圧 V_{π} の2倍の電圧 $2V_{\pi}$ (例えば $-V_{\pi} \sim +V_{\pi}$) で駆動される場合 [例えば図7 (a) 参

5 照;ここではデュアルドライブであるため、一の信号電極に印加する駆動電圧 (クロック信号電圧) は V_{π} ;図7 (b), (c) 参照] には、例えばCS-RZ (Carrier Suppressed Return to Zero)変調方式のように帯域を犠牲にして (例えば光出力信号として得られる光クロック信号の周波数を40GHzから20GHzにする)、駆動電圧が低くなるように設計するのが好ましい。

10 ここでは、クロック変調器20は、図6に示すように、デュアルドライブ変調器として構成され、2つの信号電極21A, 21Bを備えるため、これらの信号電極21A, 21Bには、一方の信号電極に例えば20GHzの周波数の正弦波電気信号 [図7 (b) 参照] をクロック信号として供給し、他方の信号電極に所定の位相 (180度) に相当する時間分だけ遅延させた例えば20GHzの周波

15 数の正弦波電気信号 [図7 (c) 参照] をクロック信号として供給するクロック信号供給部 (信号供給部) 110が接続されている。このため、クロック信号供給部110は位相遅延部を備えるものとして構成される。なお、クロック信号供給部110は、クロック信号を用いてクロック変調器20を駆動するものであるため、クロック信号駆動部 (例えば駆動回路) ともいう。

20 そして、それぞれの信号電極21A, 21Bに、これらのクロック信号を用いて半波長電圧 V_{π} のクロック信号電圧 (駆動電圧) を印加することで、マッハツェンダ型の光導波路に対して、光クロック信号 [40GHz;例えば図7 (d) 参照] のビットレート (光RZ信号) の $1/2$ の周波数 (20GHz) で、半波長電圧 V_{π} の2倍の電圧 $2V_{\pi}$ (例えば $-V_{\pi} \sim +V_{\pi}$) の電気クロック信号が

25 印加されるようになっている [例えば図7 (a) 参照]。

なお、クロック変調器20は、20GHzの電気クロック信号を用いて、半波長電圧 V_{π} の2倍の電圧 $2V_{\pi}$ が印加されると、図9に示す変調曲線に基づいて、40GHzの光クロック信号が出力されるように構成すれば良い。

特に、ここでは、クロック変調器20の駆動電圧を低減することに重点をおき、

クロック変調器 20 の作用長をデータ変調器 30 の作用長よりも長くして駆動電圧の低減を図っている。

- この場合、図 6 に示すように、ミラー 12 を長作用長のクロック変調器 20 側にずらした位置にすることで、チップの長さを短くすることができ、ひいてはチップサイズを小さくすることができる。つまり、2 つのマッハツェンダ型光変調器 20、30 から等しい距離に位置する中心線（2 つのマッハツェンダ型光変調器 20、30 の中間に位置する中心線）X からずらした位置にミラー 12 を配置することで、チップの長さを短くすることができ、ひいてはチップサイズを小さくすることができることになる。このため、中間光導波路 80 は、その出射側部分 80 B は直線状光導波路とし、入射側部分 80 A は曲がり導波路としている。

なお、上述の実施形態では、複数のマッハツェンダ型光変調器を備える光変調器として、RZ 光変調器を例に説明しているが、これに限られるものではない。

産業上の利用可能性

- 15 以上のように、本発明によれば、コンパクトで、低駆動電圧の光変調器（例えば RZ 光変調器）を実現できるようになるので、その有用性は極めて高いと考えられる。

請 求 の 範 囲

1. 電気光学効果を有する基板と、前記基板上に形成される光導波路と、前記光導波路の近傍に形成される電極とを含む複数のマッハツェンダ型光変調器を備え、
5 前記複数のマッハツェンダ型光変調器が、前記基板上に並列に配置され、多段接続されていることを特徴とする、光変調器。
2. 前記基板の端面にミラーを備え、
前記複数のマッハツェンダ型光変調器が、前記ミラーを介して多段接続されて
10 いることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の光変調器。
3. 前記基板の端面に設けられるミラーと、
前記複数のマッハツェンダ型光変調器と前記ミラーとを接続するマルチモード
光導波路とを備え、
15 前記複数のマッハツェンダ型光変調器が、前記マルチモード光導波路及び前記ミラーを介して多段接続されていることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の光変調器。
4. 前記複数のマッハツェンダ型光変調器として、2つのマッハツェンダ型光変
20 調器を備え、
前記ミラーが、前記2つのマッハツェンダ型光変調器の中間に位置する中心線からずれた位置に備えられていることを特徴とする、請求の範囲第2項又は第3項に記載の光変調器。
- 25 5. 前記ミラーが、前記基板の端面に形成される反射コートによって構成されることを特徴とする、請求の範囲第2項～第4項のいずれか1項に記載の光変調器。
6. 前記反射コートが、金属膜であることを特徴とする、請求の範囲第5項に記載の光変調器。

7. 前記反射コートが、誘電体多層膜であることを特徴とする、請求の範囲第5項に記載の光変調器。
- 5 8. 前記反射コートが、前記基板の端面の前記光導波路が接続される部分のみに形成されていることを特徴とする、請求の範囲第5項に記載の光変調器。
9. 前記複数のマッハツェンダ型光変調器が、ファイバを介して多段接続されていることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の光変調器。
- 10
10. 前記複数のマッハツェンダ型光変調器が、曲がり導波路を介して多段接続されていることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の光変調器。
11. 前記複数のマッハツェンダ型光変調器の作用長が40mm以上であることを特徴とする、請求の範囲第1項～第10項のいずれか1項に記載の光変調器。
- 15
12. 前記複数のマッハツェンダ型光変調器の信号電極と接地電極との間隔が50 μ m以上であることを特徴とする、請求の範囲第1項～第11項のいずれか1項に記載の光変調器。
- 20
13. 前記複数のマッハツェンダ型光変調器の電気信号入力用パッドが、全てチップの片側に配置されていることを特徴とする、請求の範囲第1項～第12項のいずれか1項に記載の光変調器。
- 25
14. 前記複数のマッハツェンダ型光変調器が、バイアス制御用電極を有することを特徴とする、請求の範囲第1項～第13項のいずれか1項に記載の光変調器。
15. 前記複数のマッハツェンダ型光変調器として、2つのマッハツェンダ型光変調器を備え、

前記2つのマッハツェンダ型光変調器のうち、一方をクロック変調器とし、他方をデータ変調器として構成することを特徴とする、請求の範囲第1項～第14項のいずれか1項に記載の光変調器。

- 5 16. 前記クロック変調器が、ビットレート（光クロック信号）の1/2の周波数で、かつ、半波長電圧の2倍の電圧で駆動されることを特徴とする、請求の範囲第15項に記載の光変調器。

- 10 17. 前記複数のマッハツェンダ型光変調器が、少なくとも1つのデュアルドライブ変調器を含むことを特徴とする、請求の範囲第1項～16項のいずれか1項に記載の光変調器。

18. 前記デュアルドライブ変調器が、信号電極の入力部に遅延部を有することを特徴とする、請求の範囲第17項に記載の光変調器。

15

19. 前記複数のマッハツェンダ型光変調器が、相互に作用長が異なるものとして構成されることを特徴とする、請求の範囲第1項～第18項のいずれか1項に記載の光変調器。

- 20 20. 前記複数のマッハツェンダ型光変調器が、相互に信号電極と接地電極との間隔が異なるものとして構成されることを特徴とする、請求の範囲第1項～第19項のいずれか1項に記載の光変調器。

図 1

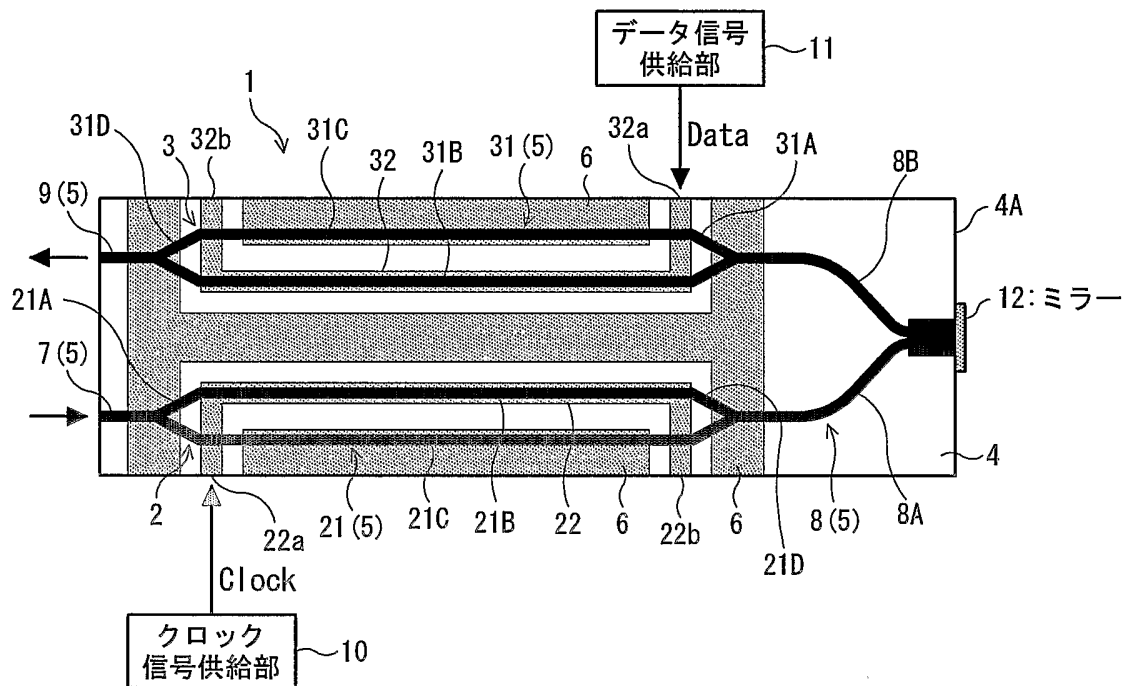


図 2(a)

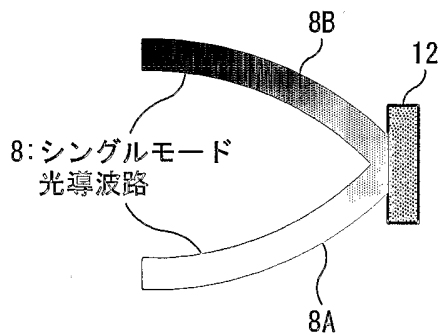


図 2(b)

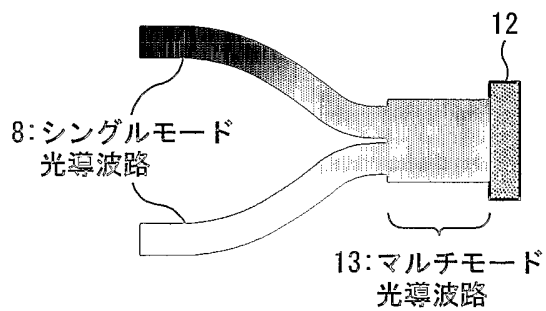


図 3

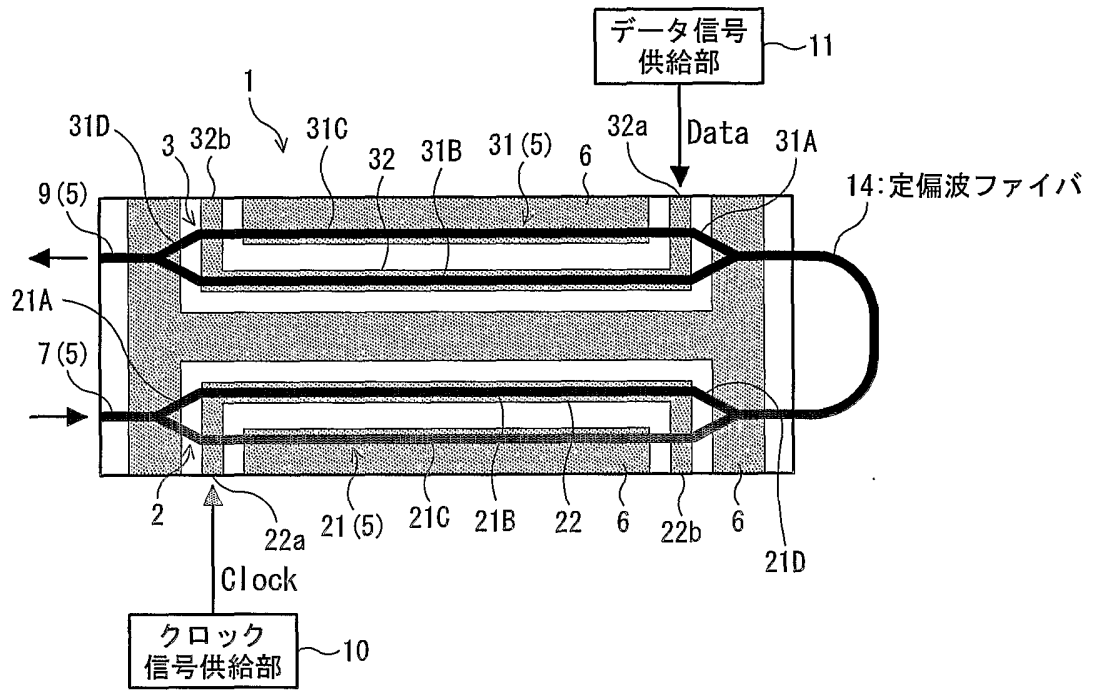


図 4

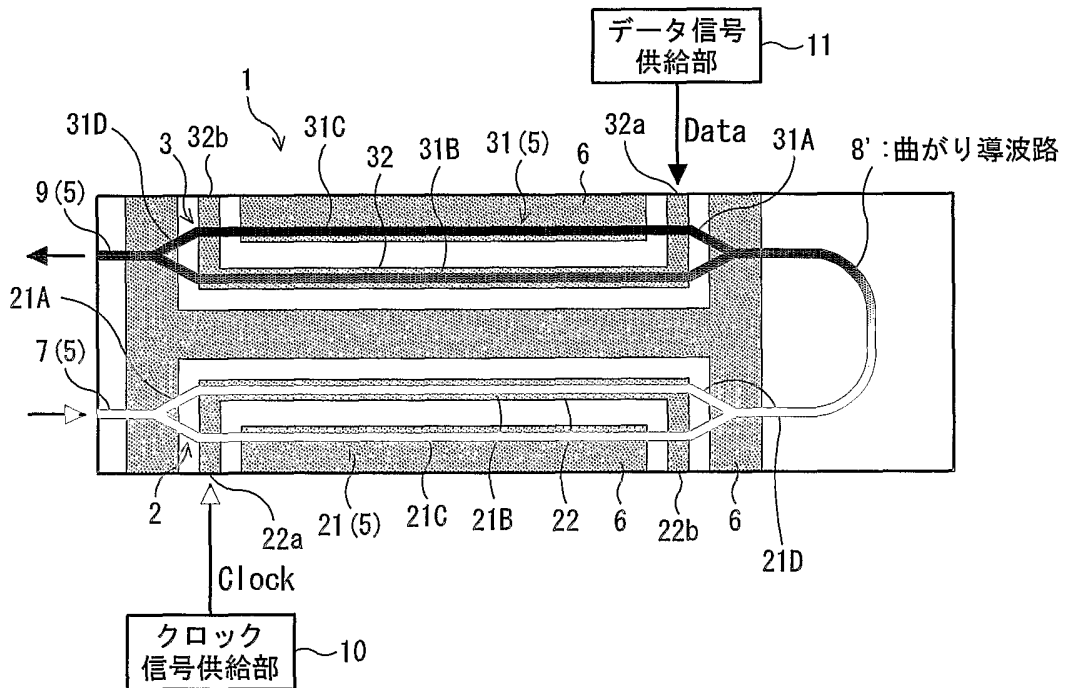


図 5

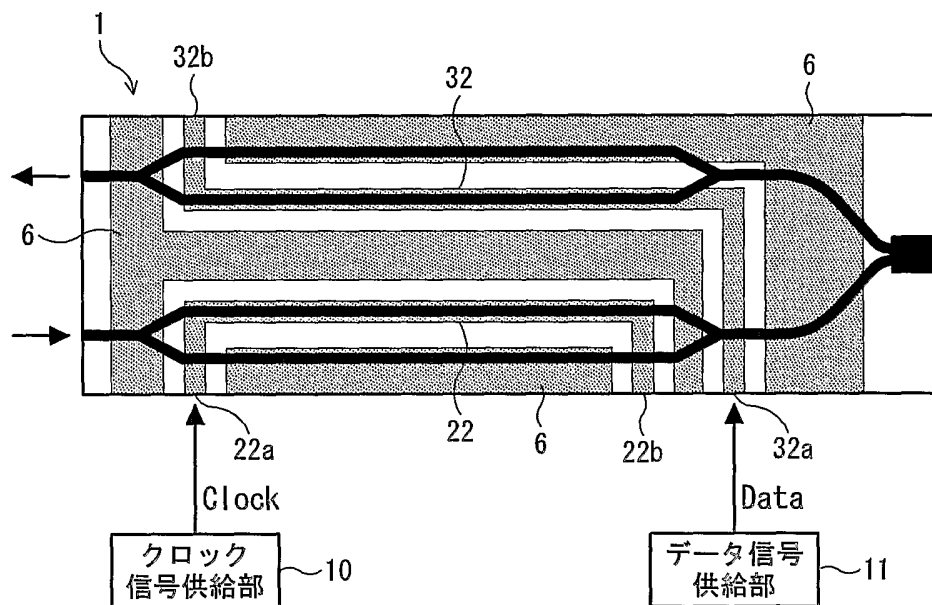


図 6

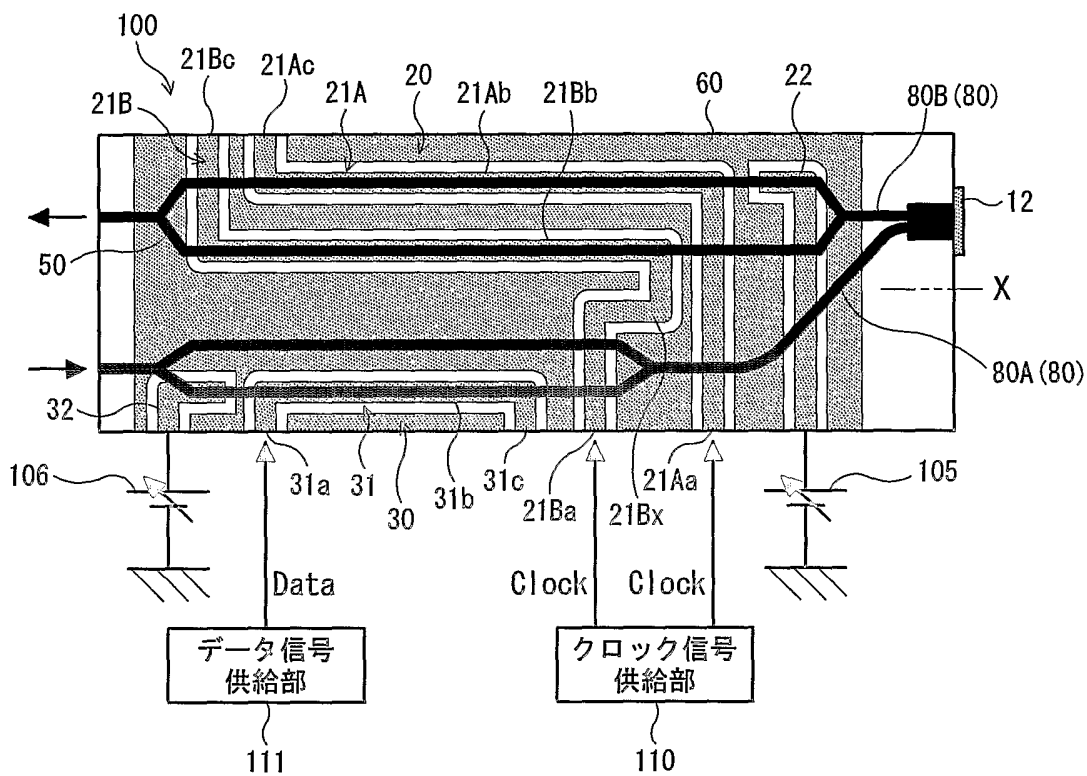


図 7 (a)

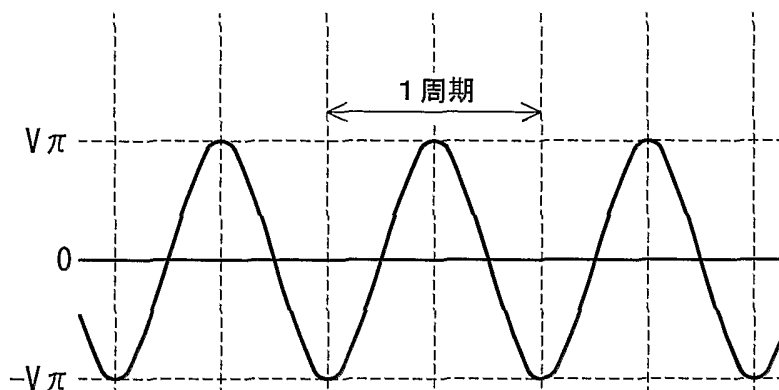


図 7 (b)

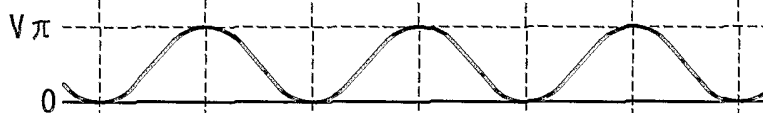


図 7 (c)

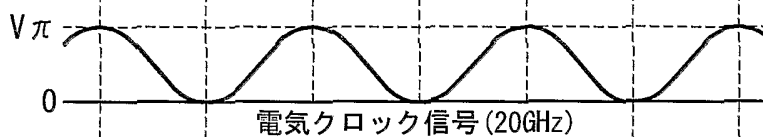


図 7 (d)

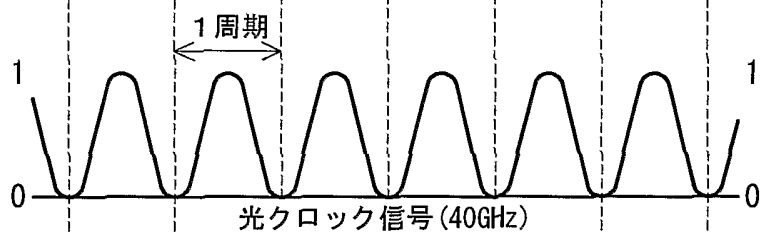


図 7 (e)

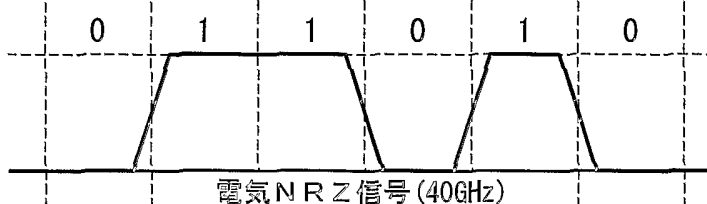


図 7 (f)

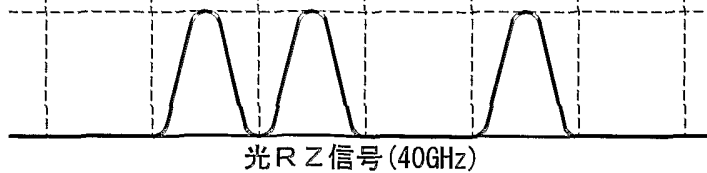


図 8 (a)

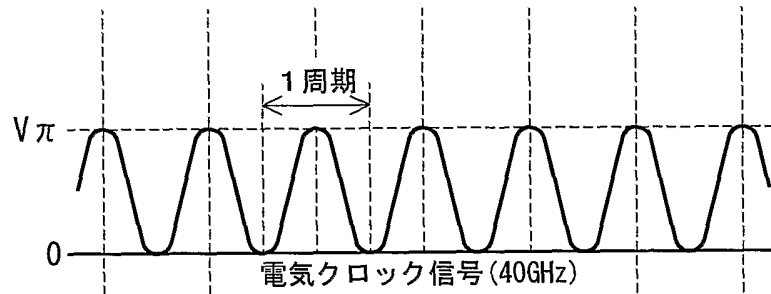


図 8 (b)

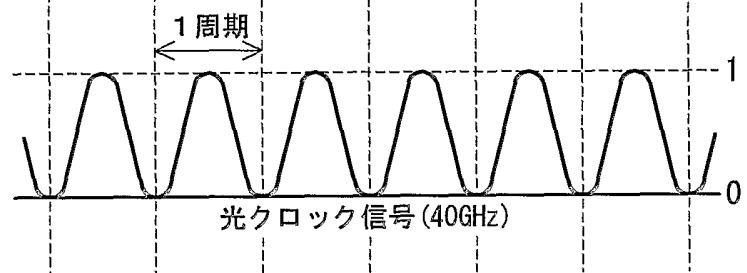


図 9

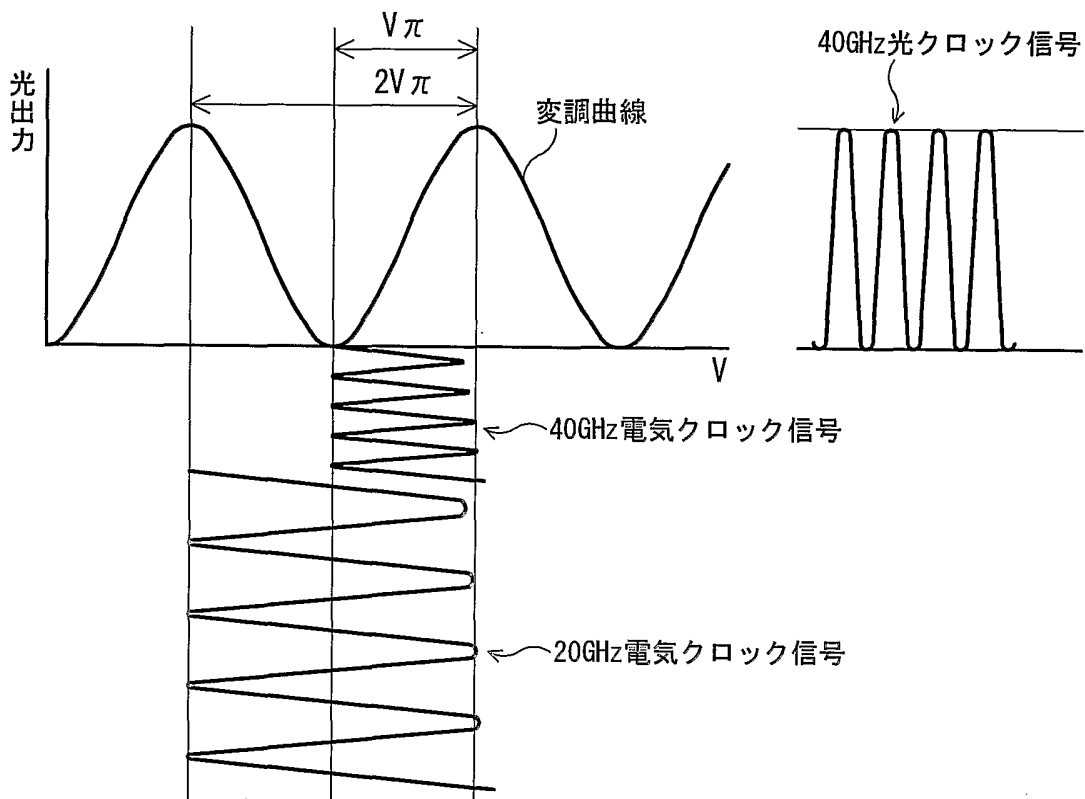
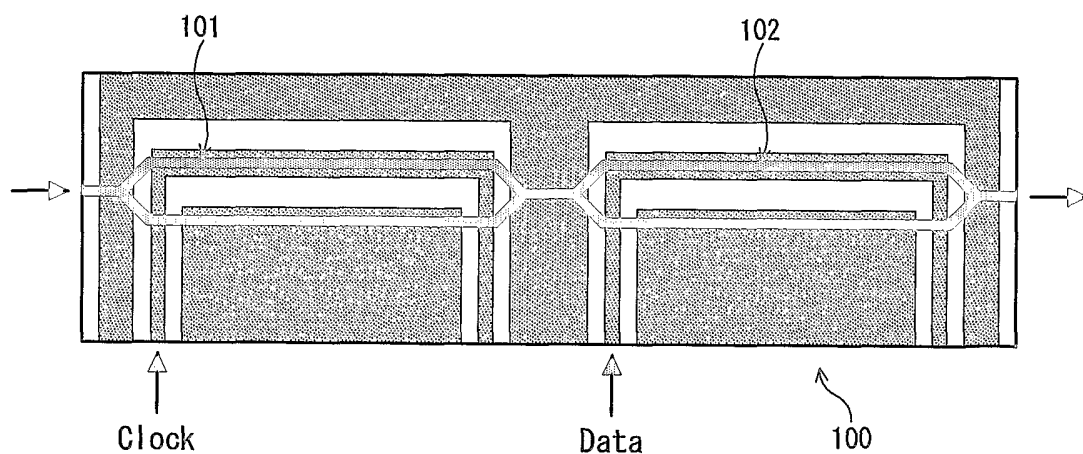


図 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/00895

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02F1/035, H04B10/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G02F1/035

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	EP 938000 A (Fujitsu Ltd.), 25 August, 1999 (25.08.99), Full text; Figs. 1 to 30 & JP 11-237517 A & US 6243516 A	1, 2, 4-8, 11, 12, 14-20 3, 9, 10, 13
Y A	JP 2002-23121 A (NEC Corp.), 23 January, 2002 (23.01.02), Full text; Figs. 1 to 15 & WO 02/05464 A	1, 2, 4-8, 11, 12, 14-20 3, 9, 10, 13

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 24 April, 2003 (24.04.03)	Date of mailing of the international search report 13 May, 2003 (13.05.03)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
--	--------------------

Facsimile No.	Telephone No.
---------------	---------------

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int. Cl⁷ G02F1/035, H04B10/04

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int. Cl⁷ G02F1/035

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公案 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献


引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP 938000 A (FUJITSU LIMITED) 1999.08.25 全文, 第1-30図 & JP 11-237517 A & US 6243516 A	1, 2, 4- 8, 11, 1 2, 14-2 0
A		3, 9, 1 0, 13
Y	JP 2002-23121 A (日本電気株式会社) 2002.01.23 全文, 第1-15図 & WO 02/0 5464 A	1, 2, 4- 8, 11, 1 2, 14-2 0

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 24.04.03
 国際調査報告の発送日 13.05.03

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員) 瀬川 勝久 
 電話番号 03-3581-1101 内線 3293

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A		3、9、1 0、13